

Survie de la Méiofaune après l'échouement de l' « Amoco-Cadiz » (chenal de Morlaix, grève de Roscoff)

par Jeanne RENAUD-MORNANT et Nicole GOUBBAULT *

Résumé. — L'impact des hydrocarbures sur la méiofaune infralittorale et intertidale a été étudié, 10 jours (mars 1978), un mois et sept mois après contamination. Aucune hécatombe totale de la faune n'a été observée, mais des densités réduites ont été notées en avril. Les Turbellariés et les Copépodes Harpacticidés semblent avoir été les plus affectés, alors que les Nématodes étaient représentés par 103 espèces dans le chenal en octobre 1978. La reconstitution de la faune après sept mois semble liée à l'hydrodynamisme d'une part et à la porosité du sédiment d'autre part. La résistance de la méiofaune à ce type d'hydrocarbures est probablement due à sa capacité de supporter des apports trophiques fluctuants. De même un taux de reproduction élevé, une bonne protection des pontes et une adaptation poussée à un milieu instable ont été des facteurs favorables à sa reconstitution.

Abstract. — *Survival of meiofauna after the "Amoco-Cadiz" oil spill (Morlaix channel, and Roscoff beach, Brittany, France).* — The effects of hydrocarbon contamination on subtidal and intertidal meiofauna were studied a few days after the spill (March 1978) and surveyed one month and seven months later. Apparently no drastic reduction in species had occurred, but reduced densities were observed after one month. Turbellaria and Copepoda Harpacticoida seemed to have been more affected than other taxonomical groups, namely Nematodes of which 103 species were listed from the Morlaix channel in October 1978. Recovery within seven months seemed related to both hydrodynamism and sediment porosity allowing a proper restoration of living conditions. Resistance to hydrocarbon toxicity may be due to ability of faunal taxa to withstand large trophic temporary fluctuations. High rate reproduction, protection of brood as well as adaptability to unstable habitat might have been important recovery factors.

Dans le cadre de l'étude des conséquences de la pollution accidentelle par les hydrocarbures de l' « Amoco-Cadiz », nous nous sommes intéressées à l'impact sur la méiofaune dont l'importance dans l'écosystème sédimentaire est bien établie. Nous nous sommes efforcées d'analyser l'action des polluants dans la région de Roscoff dès les premiers jours de la marée noire. En effet, les études sur l'action brutale des hydrocarbures sur la méiofaune sont peu nombreuses. Seuls, WORMALD (1976) à Hong-Kong et BOUCHER (1980a) en Bretagne ont effectué un contrôle immédiat et suivi des peuplements. En revanche, RÜTZLER et STERRER (1970) à Panama et GIÈRE (1979) à La Coruña n'ont effectué leurs

* Laboratoire de Zoologie (Vers), associé au CNRS, Muséum national d'Histoire naturelle, 43, rue Cuvier, 75231 Paris Cedex 05.

observations que quelques mois après l'arrivée du pétrole. Enfin, d'autres travaux traitent de pollutions chroniques : TIETJEN (1977), GRAY (1971), MARCOTTE et COULL (1974), McLACHLAN (1977).

Si la méiofaune des alentours de la Station biologique de Roscoff est bien connue d'un point de vue essentiellement systématique, les données quantitatives sont rares et se résument aux travaux de BOUGIS (1950) sur l'aber de Roscoff, de CHASSÉ (1972) sur ce même aber et l'anse de Térénez (biomasses) et de BOUCHER (1979) sur la station infralittorale de la baie de Morlaix.

Nos observations portent sur l'état de la méiofaune (quantitatif et qualitatif) dix jours (grève de Roscoff), un mois puis sept mois (grève de Roscoff et chenal de la rivière de Morlaix) après pollution.

MÉTHODES

1. Prélèvements et traitements des sédiments

Les stations suivantes ont été étudiées : 1) Trois stations aux niveaux supérieur A, moyen B et inférieur C, de la grève de Roscoff, devant le laboratoire. Un même volume de sable y a été prélevé en surface ou par couche de 2 cm jusqu'à — 10 cm de profondeur (03-78 ; 04-78 et 10-78). 2) Six stations dans le chenal de l'embouchure de la rivière de Morlaix, formant une radiale depuis la bouée du Dourduff jusqu'au niveau de la tourelle de l'île Blanche, plus un point (7) à Térénez (04-78 et 10-78). Les prélèvements ont été effectués à la benne Smith-McIntyre ; le sédiment ainsi récolté est sous-échantillonné à l'aide de carottes de 12, 16, 21 et 27 mm de diamètre et de 55 mm de hauteur. Afin de tester la fiabilité de l'engin utilisé, ces carottes, comparées entre elles, l'ont été également avec des carottages obtenus en plongée.

Tous les échantillons sont fixés au formol neutralisé à 4 %. La séparation faune/sédiment s'est effectuée pour le sable (grève de Roscoff) par la méthode de décantation (ULLIG, THIEL et GRAY, 1973) et pour le sable vaseux (chenal de la rivière de Morlaix) par la technique mise au point par l'équipe de Gand (HEIP, SMOL et HAUTEKIEF, 1974).

2. Recensement de la faune

Des sous-échantillons de 6, 11, 20 ou 30 ml sont analysés en cuve Dollfus, en totalité ou en partie selon l'abondance des animaux. Ceux-ci sont montés sur lames pour identification et observation de traces ou ingestion de pétrole, état du matériel génital, stades larvaires, cocons, etc. Les individus à tests lourds ou à coquilles (Foraminifères, jeunes Gastropodes ou Bivalves) en partie éliminés par les techniques de séparation faune-sédiment, ainsi que des Ciliés très fragiles, n'ont pas fait l'objet de résultats quantitatifs précis. Les Turbellariés, Acariens, Ostracodes ont été identifiés au niveau du groupe ; les Annélides et Copépodes Harpacticides au niveau de la famille ou du genre ; les Nématodes, Gastrotriches et Tardigrades au niveau spécifique.

RÉSULTATS

CHENAL DE LA RIVIÈRE DE MORLAIX

1. Résultats quantitatifs

Rappelons que **RENAUD-MORNANT *et al.* (1979)** ont montré en avril (trois semaines après l'arrivée du pétrole) la présence de la méiofaune en toutes les stations (1 à 6) avec des densités variant de 100 à 700 ind./25 ml dans le chenal et de 1975 ind./25 ml à Térénez (7) ; en octobre (six mois après) les densités ont augmenté partout (162 à 2114 ind./25 ml) sauf à Térénez (215 ind./25 ml). Les Copépodes Harpacticides encore nombreux en avril, en amont principalement, représentent 10 à 20 % de la faune totale ; ils s'appauvrissent en octobre et ne dépassent pas 2 % dans tout le littoral. Ce déséquilibre se traduit par une augmentation de la dominance des Nématodes : 93 à 99 % suivant les stations.

2. Résultats qualitatifs

L'observation de la faune vivante en avril n'a pas révélé la présence d'une forte proportion d'animaux très endommagés ou dans un état subléthal ; toutefois beaucoup de Copépodes portaient des gouttes ou des traces de pétrole sur leur cuticule.

Les Turbellariés présents tout au long du chenal, sauf en 1, étaient surtout relativement nombreux (3 %) en aval (5 et 6). Ceux-ci, Acoeles et Eulécithophores, ne se retrouvent qu'en petit nombre (0,1 %) et seulement aux stations les plus basses du chenal en octobre.

Les Nématodes ont été identifiés en vue d'une étude numérique de divers peuplements (échantillonnage de 300 spécimens par station). Six ordres, 22 familles, 68 genres et 103 espèces ont été recensés parmi les 1 800 individus examinés des stations 1 à 6 (GOURBAULT, 1980). Le nombre d'espèces mises en évidence, ainsi que leur dominance, varie suivant les stations. Il est de 43 à la station 1, de 55 à la station 2, de 27 aux stations 3 et 4, de 50 à la station 5 et de 57 à la station 6. Si nous ne tenons compte que des seuls taxa dont les dominances cumulées atteignent 75 %, nous obtenons les résultats consignés dans le tableau 1.

TABLEAU 1. — Liste faunistique des espèces dont la dominance cumulée représente 75 % du peuplement aux différentes stations 1 à 6 en octobre 1978.

Station 1		<i>Metalinhomoeus</i> aff. <i>longiseta</i>	6,3
		<i>Terschellingia communis</i>	6
	Dom.	<i>Dagda bipapillata</i>	5,3
<i>Metalinhomoeus filiformis</i>	11,6	<i>Polysigma</i> sp.	4,6
<i>Sabatieria</i> aff. <i>pulchra</i>	9,3	<i>Daptonema</i> sp. 2	2,6
<i>Spirinia parasitifera</i>	8,3	<i>Terschellingia</i> sp.	2,3
<i>Desmodora scaldensis</i>	7,6	<i>Daptonema</i> sp. 1	2
<i>Terschellingia longicaudata</i>	7,3	<i>Linhomoeus</i> sp.	2

		<i>Terschellingia longicaudata</i>	8,3
		<i>Aponema torosus</i>	7,6
Station 2	Dom.		
<i>Sabatieria</i> aff. <i>pulchra</i>	13,3		
<i>Terschellingia longicaudata</i>	9,3		
<i>Polysigma</i> sp.	7		
<i>Metalinhomoeus filiformis</i>	6,3		
<i>Spirinia parasitifera</i>	4,6		
<i>Terschellingia comunis</i>	4,6		
<i>Aponema torosus</i>	3,3		
<i>Metalinhomoeus</i> aff. <i>longiseta</i>	3,3		
<i>Neotonchus vitius</i>	2,6		
<i>Prochromadorella dittevseni</i>	2,6		
<i>Sabatieria celtica</i>	2,6		
<i>Daptonema normandicus</i>	2,6		
<i>Prochromadorella attenuata</i>	2,3		
<i>Daptonema ozyuroides</i>	2,3		
<i>Cyartonea elegans</i>	2		
<i>Leptolaimus elegans</i>	2		
<i>Dagda bipapillata</i>	2		
<i>Odontophora wieseri</i>	1,6		
<i>Halaphanolaimus harpaga</i>	1,6		
		Station 5	Dom.
		<i>Terschellingia longicaudata</i>	27
		<i>Aponema torosus</i>	9
		<i>Sabatieria</i> aff. <i>pulchra</i>	8,6
		<i>Molgolaimus turgofrons</i>	8,6
		<i>Paracomesoma dubium</i>	6,6
		<i>Sabatieria celtica</i>	5,6
		<i>Spirinia parasitifera</i>	2,3
		<i>Terschellingia comunis</i>	2,3
		<i>Neotonchus vitius</i>	2
		<i>Halaphanolaimus harpaga</i>	2
		<i>Metalinhomoeus</i> aff. <i>longiseta</i>	1,3
		Station 6	Dom.
		<i>Metalinhomoeus</i> aff. <i>longiseta</i>	17,3
		<i>Metalinhomoeus filiformis</i>	14
		<i>Terschellingia longicaudata</i>	9,6
		<i>Aponema torosus</i>	6,3
	Dom.	<i>Molgolaimus turgofrons</i>	3
	53,6	<i>Daptonema</i> sp. 2	3
<i>Sabatieria</i> aff. <i>pulchra</i>	12,6	<i>Sabatieria</i> aff. <i>pulchra</i>	2,6
<i>Aponema torosus</i>	7,6	<i>Terschellingia comunis</i>	2,6
<i>Terschellingia longicaudata</i>	7,6	<i>Neotonchus interruptus</i>	2,3
<i>Sabatieria celtica</i>	5,3	<i>Sabatieria celtica</i>	2,3
		<i>Spirinia parasitifera</i>	2,3
		<i>Daptonema ozyuroides</i>	2,3
	Dom.	<i>Ptycholaimellus ponticus</i>	2
<i>Sabatieria</i> aff. <i>pulchra</i>	38,3	<i>Metachromadora vivipara</i>	2
<i>Sabatieria celtica</i>	11,3	<i>Daptonema</i> sp. 1	2
<i>Molgolaimus turgofrons</i>	10	<i>Desmodora scaldensis</i>	1,6

L'ensemble des 29 espèces présentes se répartit, suivant la classification éthologique de WIESER (1953), en 45 % de suceurs d'épistrates (type 2A), 31 % d'aveurs de dépôts (type 1B), 21 % de mangeurs non sélectifs de particules (type 1A) et seulement 3 % d'omnivores prédateurs sélectifs (type 2B). La proportion de ces différentes catégories n'est pas la même pour chaque station comme il apparaît sur le tableau II.

Les Annélides Polychètes s'observent partout en avril (à l'exception de la station 1), en bon état, et avec 5 à 20 % d'individus à maturité génitale. En octobre également tous les prélèvements renferment des Annélides Polychètes : les Syllidiens, *Exogone* sp. et *Sphaerosyllis* sp. sont présents en 1, 5 et 6, les Spionidae en 1, 5 et 7, les Opheliidae représentées par *Travisia* sp. en 2, 5 et 6, alors que les Cirratulidae et les Capitellidae se trouvent uniquement aux stations 2, 3 et 4. La diversité des Annélides est plus grande en aval, que dans la partie moyenne du transect, où les polluants ont pu stagner : seules des Annélides réputées résistantes aux produits toxiques (GEORGE, 1971) ont été récoltées.

TABLEAU II. — Proportion et nombre d'espèces de différents types éthologiques pour les taxa représentant 75 % du peuplement en octobre 1978.

	Stat. 1	Stat. 2	Stat. 3	Stat. 4	Stat. 5	Stat. 6	TOTAL
1A	3	5	1	1	3	2	6
2A	5	7	1	2	5	6	13
1B	5	7	2	2	3	7	9
2B	0	0	0	0	0	1	1
TOTAL	13	19	4	5	11	16	29

Les Annélides Oligochètes faiblement représentées en avril (en 3 et 4) semblent repeupler le chenal en octobre puisque plusieurs espèces furent dénombrées en quatre stations (1, 3, 4 et 6).

Les Copépodes Harpacticides montrent 1 % de nauplii en avril ; en octobre les Diosaccidae (*Amphiascus minutus*) mûrs et portant encore des traces de soanures sont présents en 1, 5 et 6 ; les Cletodidae *Enhydrosomma* sp. (adultes et juvéniles) se trouvent à toutes les stations ainsi qu'en 7 avec *Rhizothrix* sp. En 6 furent récoltées des femelles mûres de Tachidiidae, et en 3 des Laophontidae. La station la plus appauvrie est la station 2 dont les Copépodes en avril formaient encore 10 % de la faune totale et où subsistent en octobre seulement des Cletodidae considérés comme bien adaptés au sédiment vaseux (BODIN, 1977). Il semble que l'on puisse imputer l'appauvrissement de ce site, et celui moins marqué des autres points du chenal aux polluants, bien qu'il se trouve peut-être superposé au rythme saisonnier. Cependant, la densité globale reste faible par rapport aux prélèvements d'avril. D'autres Crustacés semblent avoir été également touchés, il s'agit des Ostracodes pratiquement absents dès le mois d'avril et qui se maintiennent en très petit nombre en aval (4, 5 et 6) en octobre.

GRÈVE DE ROSCOFF

1. Résultats quantitatifs (tabl. III)

Les premiers prélèvements effectués dix jours après l'arrivée du pétrole ont montré la survie de la méiofaune en tous points de la grève. Cependant les chiffres sont disparates, ceci étant dû à l'hétérogénéité même de la plage formée de sables de diamètres moyens différents (240-260 μm en A niveau sup., 300 μm en B niveau moy. et 200-240 μm en C niveau inf.), de blocs rocheux, d'herbiers et de micro-chenaux ; ces facteurs d'hétérogénéité ont joué lors des dépôts des nappes d'hydrocarbures qui se sont réparties, puis ont été évacuées, selon des modalités différentes en fonction de l'hydrodynamisme.

Dix jours après le premier impact, les prélèvements en surface en A, B et C permettaient d'évaluer des densités de 235 à 600 ind./25 ml en A, de 117 à 459 ind./25 ml en B, selon que le sable avait été protégé par des touffes d'algues ou largement exposé, et de 56

TABLEAU III. — Dominance des différents groupes et densités globales de la méiofaune sur la grève de Roscoff en mars, avril et octobre 1978.

Niveaux de l'estran	A					B				C					
	03-78		04-78		10-78	03-78		04-78		10-78		03-78		04-78	
	Am1	Am2	Am2	Aa1	Ao1	Bm1	Bm2	Ba1	Bo1	Cm1	Cm2	Ca1	0-4	0-4	0-4
Prélèvements															
Profondeur (cm)	0-4	0-2	-2-4	0-4	0-1	0-4	0-4	0-10	0-4	0-4	0-4	0-4			
CILIÉS	1	1	0	1	0,5	0	2	0,8	1,8	1	0	3			
TURBELLARIÉS	2	3	1	10,5	0,1	0	10	0,8	0	1	0	17			
NÉMATODES	88	85	88	58,5	82	67	74	44	25,7	82	31	17			
GASTROTRICHES	3	3	6	8	0	0	5	0,6	0,6	7,5	0	53			
POLYCHÉTÉS	3	2	0	1	4	8	2	4	7	0	3	1			
OLIGOCHÉTÉS	1	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	0			
TARDIGRADES	0	1	0	8	3	0	2	0,8	0	1	0	35			
ACARIENS	0	1	1	0	0	7	1	6	24,5	0	62	1			
OSTRACODES	1	0	2	2,5	0	1	2	0	0,6	5	0	2			
COP. HARP.	1	4	1	8,5	10	9	2	43	36,2	0	2	2			
Nb. ind./25 ml	600	370	235	275	859	117	459	150	401	382	56	150			

à 382 ind./25 ml au niveau le plus bas. Ces peuplements se maintiennent en avril avec des proportions différentes entre les groupes (fig. 1), et présentent une augmentation générale en octobre (RENAUD-MORNANT *et al.*, 1980). Au niveau A on note que les Copépodes sont peu nombreux en mars, alors que les Nématodes dominent largement ; leur pourcentage s'abaisse en avril pour revenir au pourcentage initial en octobre, période où les Copépodes atteignent 10 %. Au niveau B on constate une proportion d'Harpaeticides importante avec de nombreux stades larvaires (mars et avril) ; cette proportion est égale à celle des Nématodes, alors que Turbellariés, Gastrotriches et Annélides sont en nombre assez faible. En octobre, Nématodes et Copépodes sont en proportion semblable et une forte poussée des Halacariens est notée. Au niveau C, ce sont les Nématodes qui dominent en mars, mais en avril ils sont contrebalancés par un pourcentage très élevé de Gastrotriches, alors que les Copépodes restent en très faible proportion (0 à 2 %).

Parallèlement, des carottages ont été effectués au niveau A en mars et au niveau B en avril jusqu'à 10 cm de profondeur afin d'évaluer d'une manière plus détaillée l'état de la faune dans les différentes strates, plus ou moins contaminées, du sédiment. Au niveau A, où une couche de pétrole se trouvait enfouie entre 4 et 6 cm de profondeur, la méiofaune dénombrée par strate de 2 cm jusqu'à — 10 cm était partout présente, même lorsque le pétrole formait un amalgame occupant 20 % du volume du prélèvement. La figure 2 montre la répartition quantitative de la méiofaune dans cette carotte. La densité diminue (188 ind./25 ml) en dessous de la couche de pétrole, entre — 6 et — 10 cm. Au niveau B, en avril, la densité maximale de la population s'observe entre — 8 et — 10 cm, et la diversité par groupes zoologiques augmente de la surface vers la profondeur. Entre — 6 et — 10 cm les Copépodes présentent le plus grand nombre de larves et de juvéniles.

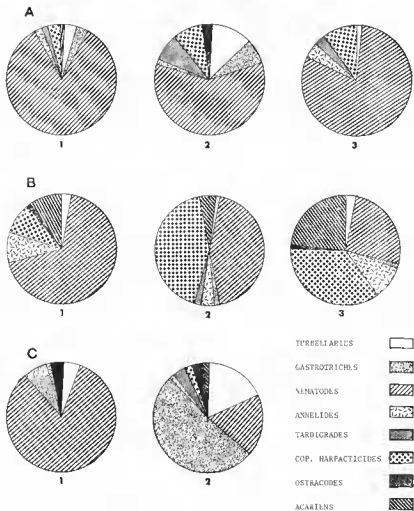


FIG. 1. — Grève de Roscoff, évolution des proportions entre les divers groupes du méiobenthos après pollution (1 = 10 jours, 2 = 1 mois, 3 = 7 mois). A : niveau supérieur ; B : niveau moyen ; C : niveau inférieur.

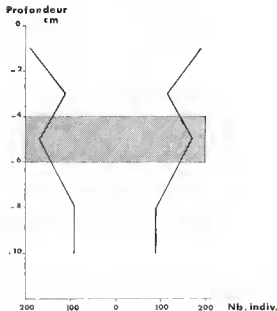


FIG. 2. — Répartition quantitative du méiobenthos dans un carottage traversant la couche d'imbibition par hydrocarbure (grisé) 10 jours après pollution; niveau supérieur, grève de Roscoff, (nb. ind./25 ml).

2. Données qualitatives

NIVEAU A

Les méiobenthotes récoltés **en mars** dans la carotte au-dessus, à l'intérieur même et au-dessous de la couche de pétrole, témoignent d'une résistance certaine à la toxicité des hydrocarbures.

Dans la couche de sable comprise entre la surface et - 4 cm, plusieurs espèces de Ciliés, ainsi que des Eulécithophores étaient récoltés, mais certains individus en mauvais état montraient des décollements de l'épiderme et des gouttes de pétrole attachées à la ciliature. Les Gastrotriches *Neodasys* sp., *Acanthodasys aculeatus*, *Tetranchyroderma megastoma* (à maturité génitale) et deux espèces de *Turbanella* avaient des gouttes de pétrole collées aux cils péribuccaux et latéraux. Les Annélides étaient représentées par les Polychètes, *Hesionides arenaria*, des Ophéliidae immatures, et une larve de Capitellidae, non souillées de pétrole, et un exemplaire d'Oligochète.

En ce qui concerne le groupe des Copépodes Harpacticides, on a observé des Loaphontidae tels qu'*Asellopsis intermedia* en surface (femelles avec des sacs ovigères à 10 et 12 œufs, ou ovaires mûrs, mâles avec spermatophores, mais pas de stades larvaires), un mâle de *Paraleptastacus spinicauda*, mûr avec spermatophore et porteur d'Acinétiens, entre - 2 et - 4 cm de profondeur où il était accompagné d'un petit nombre de Tardigrades (*Batillipes mirus*) et d'Halacariens.

Dans la couche de sable où le maximum de pétrole se trouvait enfoui entre — 4 et — 6 cm, Ciliés, Turbellariés et Annélides étaient absents ; les Nématodes étaient plus abondants qu'en surface (316 ind./25 ml) ; les Gastrotriches du genre *Turbanella* étaient encore présents ainsi que le Tardigrade *B. mirus*. Les Harpacticides étaient représentés par le Cletodidae *Rhyzothrix minuta* à maturité génitale, mais fortement souillé par du pétrole (pattes thoraciques engluées), le Cyliindropsyllidae immature *Paraleptastacus* sp. et des Paramesochridae adultes avec des cuticules intaetes.

Sous la couche de pétrole (entre — 6 et — 10 cm de profondeur) le sable relativement peu souillé, et n'ayant pas atteint l'anoxie, recelait encore une méiofaune relativement bien diversifiée : Eulécithophores et Gastrotriches (*A. aculeatus*, *Paraturbanella teissieri*, *Tetranychroderma megastoma* et *Macrodasys* sp., ces dernières espèces avec gouttes de pétrole sur leurs cils ou piquants) ; seuls des cocons d'Annélides (Archiannélides et Oligochètes) furent récoltés à ce niveau et les Nématodes étaient deux fois moins nombreux que dans la couche sus-jacente. Deux Tardigrades cohabitaient : *B. phreaticus* et *Orzeliscus belopus*, ce dernier signalé pour la première fois à Roscoff. Les Copépodes comprenaient des espèces déjà vues dans les couches supérieures : *A. intermedia*, *Rh. minuta*, plusieurs espèces de Cyliindropsyllidae et un Paramesochridae porteur de sacs ovigères.

Pour avril, les données qualitatives détaillées manquent ; tous les groupes recensés en mars sont encore présents et on constate l'apparition de stades larvaires plus nombreux parmi les Annélides Polychètes et les Copépodes Harpacticides (3 %) prouvant que la reproduction a lieu.

En octobre, la méiofaune est très abondante, renfermant plusieurs genres et espèces de Ciliés phytophages, des Turbellariés Eulécithophores, des Annélides Polychètes comprenant surtout des Syllidae : *Exogone gemmifera* (dominante à 50 %) avec des Ophelliidae, Spionidae et Capitellidae. Une abondante population de Nématodes s'est constituée, et également de Tardigrades, dont *B. mirus* à maturité génitale est le composant principal. Les Copépodes Harpacticides Cletodidae et Laophontidae sont présents et comprennent une forte proportion d'adultes immatures (80 %), les Cyliindropsyllidae n'ont pas été retrouvés.

NIVEAU B

Comme au niveau supérieur, les Turbellariés Acoeles et Eulécithophores s'observaient en mars avec les Gastrotriches *Turbanella* sp., *P. teissieri* (adultes et juvéniles) et *Dactylopodola typhle* ; la plupart transportaient des gouttelettes de pétrole éparses sur leur ciliature ; en revanche, les Annélides semblaient propres et aucune souillure n'apparaissait sur leur épiderme ; il s'agissait du Syllidae *Exogone* sp., de larves d'Ariciidae, Ophelliidae et Eunicidae, ainsi que d'une espèce d'Oligochète Enchytraeidae, à maturité génitale.

Les Nématodes, nombreux, formaient 67 à 74 % du peuplement total. Les Tardigrades étaient représentés avec *B. mirus*. Chez les Copépodes Harpacticides, les espèces de Cyliindropsyllidae, franchement interstitielles, telles que *P. spinicauda*, étaient à maturité génitale ainsi que d'autres, non franchement mésopsammiques, Thalestridae et Tetragnonepsidae (*Phyllopodopsyllus* sp.). Des spermatophores s'observaient chez les mâles, et les femelles portaient des sacs ovigères ; 20 % des individus transportaient des gouttelettes de pétrole sur le céphalothorax et les pattes thoraciques.

En avril, seule une étude quantitative de la carotte a été effectuée et mentionnée plus haut. Au point de vue qualitatif, on pouvait noter un enfoncement de toute la faune, d'où un taux de larves d'Annélides (4 %) et de Copépodes Harpacticides (27 %), beaucoup plus élevé en profondeur qu'en surface (— 8 — 10 cm).

Le Tardigrade *Florarctus hulingsi* était signalé pour la première fois sur la côte atlantique française.

En octobre, les Ciliés étaient beaucoup plus nombreux qu'au printemps, et les Cnidaïres présents avec l'Actinulide *Halammohydra* sp. ; pas d'Eulécithophores et une seule espèce de Gastrotriche, *Diplodasys ankei* à maturité génitale. Les Annélides comprenaient des Polychètes Syllidac uniquement, *Sphaerosyllis* sp. et *Streptosyllis websteri* ; les Oligochètes plus diversifiés qu'en avril étaient représentés par plusieurs espèces. Pour les Copépodes Harpacticides on constatait un pourcentage élevé d'immatures, et pour les Acariens un « bloom » important à cette saison.

NIVEAU C

Au niveau inférieur seules des données de printemps ont été obtenues. Les résultats sont très disparates et ceci est vraisemblablement dû autant à la répartition en mosaïque de la faune qu'aux effets de la pollution. **En mars**, les Eulécithophores ont bien résisté ainsi que les Gastrotriches *Macrodasys* sp., *M. caudatus* et *Paraturbanella teissieri* ; ils effectuent des « blooms » notables dès le mois d'avril, époque où, au contraire, les Nématodes et les Acariens diminuent beaucoup. Les Copépodes Harpacticides sont faiblement représentés, en mars comme en avril, par des espèces interstitielles : le Paramesochridae *Kliopsyllus* sp. et le Cylindropsyllidae *P. spinicauda*.

DISCUSSION

Nos résultats montrent clairement que dix jours après la contamination, il n'y a pas eu d'hécatombe générale de la faune. Ceci est probablement dû à ce type de pétrole et au fait qu'il n'a atteint le site étudié que plusieurs jours après l'accident, en ayant pu perdre de sa toxicité. Les mortalités massives signalées par RÜTZLER et STERRER (1970) et WORMALD (1976) étaient dues à du diesel lourd. Lorsqu'il s'agit d'« Arabian light », GIERE (1979) note des dégâts moins importants.

Nos observations à plus long terme permettent les remarques suivantes :

Dans le chenal de Morlaix, il semble que les Nématodes ont proliféré en automne ; en revanche, les Harpacticides ont montré une chute importante qui pourrait être imputée à la pollution, étant donné que ces Crustacés étaient en reproduction en avril, puis n'occupaient plus que 2 % du peuplement total en octobre, alors que les hydrocarbures étaient encore présents dans le chenal à cette époque (BESLIER *et al.*, 1979). Il apparaît également qu'une plus grande diversité a pu être notée à l'embouchure du chenal où s'établissent des échanges plus importants avec le large.

Sur la grève de Roscoff, il a été possible de montrer que certains méioibenthos sont

capables de résister au pétrole mêlé au sédiment et subsister sous la couche elle-même. Cette survie n'a été possible que par l'existence d'un drainage de la plage suffisant pour que le sédiment n'atteigne pas un degré d'anoxie fatale à la méiofaune. Ainsi que l'indique GIERE (1979), l'enfouissement du pétrole en milieu à hydrodynamisme faible peut être fatal à la méiofaune à plus ou moins long terme.

A Roscoff, l'oxygénation du milieu s'est effectuée verticalement par percolation sous le jeu des vagues et des marées, et horizontalement le long de la pente de la grève ; ce drainage a été favorisé par la présence de galets et de graviers sous-jacents en de nombreux points de la grève, et il en est résulté une évacuation plus rapide du polluant vers le bas de la plage (BERNE et D'OZOUVILLE, 1979). En revanche, la décontamination a été plus lente dans le chenal de Morlaix où les éléments fins du sédiment sont beaucoup plus concentrés, notamment aux stations 3 et 4 où les pélites atteignent 49 et 47 %, et l'hydrodynamisme plus faible, permettant ainsi un piégeage durable des particules oléo-sédimentaires (BESLIER *et al.*, 1979) ; il est bien évident que ce piégeage a eu pour conséquence le colmatage du sédiment et a pu provoquer l'anoxie. Or REISE et Ax (1979) ont montré qu'aucune méiofaune n'est capable de vivre en anaérobiose, et de plus la consommation globale en O_2 du méiobenthos est considérée comme élevée (LASSERRE et RENAUD-MORNANT, 1973), en particulier celle de certaines espèces de Copépodes Harpacticides (COLL et VERNBERG, 1970 ; LASSERRE *et al.*, 1976). Il serait alors possible d'imputer la diminution du nombre d'Harpacticides dans le chenal de la Rivière de Morlaix à la stagnation des hydrocarbures, ayant eu pour effet de réduire les échanges d'oxygène, effet superposé ou non à un phénomène saisonnier. D'ailleurs, McLACHLAN (1977) fait remarquer que la pollution des plages par des poussières de minerais (Fe et Mn) n'a pas d'effet toxique direct sur la méiofaune, mais s'exerce par l'affaiblissement du pourcentage d' O_2 dans le sédiment en raison du colmatage des espaces interstitiels. Enfin, MUNROE, WELLS et MCINTYRE (1978) ont insisté sur l'importance de l'hydrodynamisme à l'intérieur du sédiment, et son rôle régulateur des apports d' O_2 et de nourriture nécessaire à la méiofaune. En ce qui concerne les apports de nourriture et leur consommation par la méiofaune, les problèmes sont très complexes étant donné la difficulté de connaître la composition globale des éléments nutritifs d'une part (détritux, bactéries, micro-organismes, algues, champignons) et le régime alimentaire de chaque espèce d'autre part.

BOUCHER (1980b), en étudiant expérimentalement un écosystème sableux en circuit clos, a montré que P « oligotrophie est la plus favorable au maintien d'une communauté (de Nématodes) stable et diversifiée », et, de plus, que le peuplement équilibré obtenu a une structure comparable à celle du sédiment d'origine (sable de la Pierre Noire).

Il était donc permis de penser que l'introduction massive d'hydrocarbures dans les sédiments provoquerait des déséquilibres et de larges altérations au plan trophique. Or l'ensemble de la méiofaune a subsisté et en particulier les Nématodes. Ceci semble dû au fait que de nombreuses espèces ont la possibilité d'être hétérophages, tout au moins momentanément, mais il est certain que des déséquilibres à long terme interviendront, en favorisant les espèces opportunistes.

En l'absence de données sur le pourcentage de matière organique disponible pour la méiofaune dans le sédiment pollué, nous avons effectué des contrôles du film biologique (RENAUD-MORNANT et HELLÉOUET, 1977) sur des grains de sable d'un site fortement pollué (Pierre Noire) dix jours après contamination. Nous avons pu constater l'existence d'un

revêtement détritique important, accompagné des communautés habituelles (RENAUD-MORNANT, en préparation) de bactéries, Cyanophytes, nombreux Flagellés, filaments mycéliens, Diatomées vivantes, algues en reproduction, Ciliés. Ceci prouve que, tout au moins dans les premiers jours de la contamination par le pétrole, une abondante nourriture était encore à la disposition des espèces occupant le bas de l'échelle trophique, c'est-à-dire les mangeurs de détritus et les lècheurs d'épistrates (+ de 70 % de la Nématofaune). En octobre, nous avons pu noter qu'à Roseoff un très grand nombre de Ciliés se nourrissaient de spores d'algues et que de nombreux Halacariens avaient ingéré un grand nombre de Diatomées. BODIN et BOUCHER (1979), sept mois après la catastrophe, observent une bonne corrélation entre densités de Nématodes et pourcentage de chlorophylle A dans des plages polluées.

Il faut ajouter que la résistance de certains groupes réputés fragiles tels Turbellariés, Gastrotriches, Archiannélides, a été directement favorisée par les caractères adaptatifs mêmes de ces méiobenthotes au milieu interstitiel reconnu comme instable et particulier. Il s'agit d'une protection de la cuticule par de nombreuses glandes à mucus (Némertes, Turbellariés, Gastrotriches), ou par un revêtement euculaire muqueux épais (Tardigrades), et également de l'isolement du milieu extérieur obtenu pour les pontes par des cocons filreux ou muqueux (Oligochètes, Archiannélides). De plus, il semble possible qu'il existe des enzymes dont l'activité s'exerce contre les hydrocarbures telles que les MFO (mixed function oxidases) et qui permettrait d'expliquer (PAYNE, 1977) une décontamination plus énergique chez les Annélides notamment.

En revanche, certaines espèces ne possédant pas ces systèmes de protection et offrant une très grande surface euculaire aux polluants (Harpacticides par exemple) se sont trouvées plus vulnérables, notamment dans les milieux où un hydrodynamisme insuffisant a permis la stagnation des hydrocarbures.

Remerciements

Ce travail a été effectué dans le cadre du contrat Muséum-CNEXO n° 78.5737. Nous remercions ces Organismes, ainsi que M. le Pr J. BERGERARD et son équipe de Roseoff pour les moyens mis à notre disposition. La participation de G. BOUCHER à ces recherches a été déterminante, nous l'en remercions vivement.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BERNE, S., et L. D'OUZVILLE, 1979. — « Amoco Cadiz ». Cartographie des apports polluants et des zones contaminées. Ed. CNEXO COB : 175 p.
- BESLIER, A., J. L. BIRRIEN, L. CABIOCH, J. L. DOUVILLE, C. LARSONNEUR, L. BORGNE, 1979. — La pollution du sublittoral au Nord de la Bretagne, par les Hydrocarbures de l'« Amoco Cadiz ». Distribution et évolution. *Publs scient. tech. CNEXO*, Actes Colloq. (sous presse).
- BODIN, P., 1977. — Les peuplements de Copépodes Harpacticoides (Crustacea) des sédiments meubles de la zone intertidale des côtes charentaises (Atlantique). *Mem. Mus. natn. Hist. nat., Paris*, sér. A, Zool., **104** : 1-120.
- BODIN, P., et D. BOUCHER, 1979. — Évolution temporelle du méiobenthos et du microphytobenthos sur quelques plages touchées par la marée noire de l'Amoco Cadiz. *Publs scient. tech. CNEXO*, Actes Colloq. (sous presse).

- BOUCHER, G., 1979. — Les Nématodes des sables fins infralittoraux. Étude *in situ* et expérimentale de la communauté. Thèse, Orsay, AO 2095, 236 p.
- 1980a. — Impact of the Amoco Cadiz oil spill on intertidal and sublittoral meiofauna. *Mar. Poll. Bull.*, **11** : 95-101.
- 1980b. — Évolution des caractéristiques chimiques et biologiques des sédiments en circuit clos. II. Effets de la matière organique circulante sur la méiofaune de systèmes polytrophes. *Publs scient. tech. CNEXO*, Actes Colloq., **7** : 31-48.
- BOUGIS, P., 1950. — Méthode pour l'analyse quantitative de la microfaune des fonds marins. *Vie Milieu*, **1** : 23-37.
- CHASSÉ, C., 1972. — Économie sédimentaire et Biologie (production) des estrans meubles des côtes de Bretagne. Thèse CNRS, AO 6749, 293 p.
- COULL, B. C., et W. B. VERNBERG, 1970. — Harpacticoid Copepod respiration : *Enhydrosoma propinquum* and *Longipedia helgolandia*. *Mar. Biol.*, **5** : 341-344.
- GEORGE, D., 1971. — The effects of Pollution by oil and oil-dispersants on the common intertidal Polychaetes, *Cirriiformia tentaculata* and *Cirratulus cirratus*. *J. appl. Ecol.*, **8** : 411-420.
- GIERE, O., 1979. — The impact of oil pollution on intertidal meiofauna. Field studies after the « La Coruna » spill, May 1976. *Cah. Biol. mar.*, **20** : 231-251.
- GOURBAULT, N., 1980. — Les peuplements de Nématodes du Chenal de la Baie de Morlaix (Premières données). *Cah. Biol. mar.* (sous presse).
- GRAY, J. S., 1971. — The effects of pollution on sand meiofauna communities. *Thalassia jugosl.*, **7** (1) : 79-86.
- HEIP, C., N. SMOL et W. HAUTEKIEFT, 1974. — A rapid method of extracting meiobenthic nematodes and copepods from mud and detritus. *Mar. Biol.*, **28** : 79-81.
- LASSERRE, P., et J. RENAUD-MORNANT, 1973. — Resistance and respiratory physiology of intertidal Meiofauna to Oxygen-deficiency. *Neth. J. Sea Res.*, **7** : 290-302.
- LASSERRE, P., J. RENAUD-MORNANT et J. CASTEL, 1976. — Metabolic activities of meiofaunal communities in a semi-enclosed lagoon. Possibilities of trophic competition between meiofauna and mugilid fish. *Proc. 10th Europ. Sympos. Mar. Biol., Ostend, Belgium*, **2** : 393-414.
- MARCOTTE, B. M. et B. C. COULL, 1974. — Pollution, diversity and meiobenthic communities in the North Adriatic (Bay of Piran, Yugoslavia). *Vie Milieu*, **24** (2B) : 281-300.
- McLACHLAN, A., 1977. — Effects of ore dust pollution on the physical and chemical features and on the meiofauna and microfauna of a sandy beach. *Zool. Afr.*, **12** (1) : 73-88.
- MUNROE, A. L. S., J. B. J. WELLS, et A. D. McINTYRE, 1978. — Energy flow in the flora and meiofauna of sandy beaches. *Proc. R. Soc. Edimb.*, **76** B : 297-315.
- PAYNE, J. F., 1977. — Mixed Function Oxidases in Marine organisms in relation to Petroleum Hydrocarbon Metabolism and detection. *Mar. Poll. Bull.*, **8** : 112-116.
- REISE, K., et P. AX, 1979. — A meiofaunal « Thiobios » limited to the Anaerobic Sulfide System of Marine Sand does not exist. *Mar. Biol.*, **54** : 225-237.
- RENAUD-MORNANT, J., et M. N. HELLÉOUET, 1977. — Rapport micro-méiobenthos et *Halodeima atra* (Holothurioida) dans un lagon Polynésien (Tiahura, Moorea, Ile de la Société). *Bull. Mus. natn. Hist. nat. Paris*, 3^e sér., n^o 474, Zool. 331 : 853-865.
- RENAUD-MORNANT, J., N. GOURBAULT, J. B. de PANAFIEU et M. N. HELLÉOUET, 1979. — Effets de la pollution par les Hydrocarbures sur la méiofaune de la Baie de Morlaix. *Publs scient. tech. CNEXO*, Actes Colloq. (sous presse).
- RÜTZLER, K., et W. STERRER, 1970. — Oil Pollution. Damage observed in tropical communities along the Atlantic seaboard of Panama. *Bioscience*, **20** (4) : 222-224.
- TIETJEN, J. H., 1977. — Population, distribution and structure of the free living Nematodes of Long Island Sound. *Mar. Biol.*, **43** : 123-136.

- URLIG, G., H. THIEL, et J. S. GRAY, 1973. — The quantitative separation of meiofauna. A comparison of methods. *Helgoländer wiss. Meeresunters.*, **25** : 173-195.
- WIESER, W., 1953. — Die Beziehungen zwischen Mundhöhlengestalt, Ernährungsweise und Vorkommen bei freilebenden marinen Nematoden. *Ark. Zool.*, **4** : 439-484.
- WORMALD, A. P., 1976. — Effects of a spill of marine diesel oil on the meiofauna of a sandy beach at picnic bay, Hong Kong. *Envir. Poll.* **11** : 117-130.

Manuscrit déposé le 6 février 1980.